



IFW

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Docket No: Q81215

Shingo FUJIMORI, et al.

Appln. No.: 10/827,248

Group Art Unit: 3662

Confirmation No.: 2535

Examiner: Unknown

Filed: April 20, 2004

For: DISTANCE MEASURING METHOD, DISTANCE MEASURING DEVICE USING  
SAME, AND DISTANCE MEASURING STURCTURE USING SAME

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

SUGHRUE MION, PLLC  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

**23373**

CUSTOMER NUMBER

Respectfully submitted,

Howard L. Bernstein  
Registration No. 25,665

Enclosures: JAPAN 2003-115936

Date: September 10, 2004

US

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   4 月 2 1 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 1 1 5 9 3 6  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [J P 2 0 0 3 - 1 1 5 9 3 6]

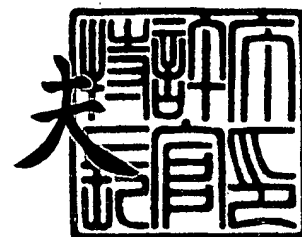
願      人  
Applicant(s):      NEC アクセステクニカ株式会社  
                         入谷 忠光  
                         上保 徹志

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年   4 月 2 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 01703498  
【提出日】 平成15年 4月21日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01S 13/36  
G01S 13/50  
G01S 17/36

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県掛川市下俣 8 0 0 番地 エヌイーシーアクセス  
テクニカ株式会社内

【氏名】 藤森 新五

## 【発明者】

【住所又は居所】 徳島県徳島市南沖洲 1 丁目 1 0 番 1 7 号

【氏名】 入谷 忠光

## 【発明者】

【住所又は居所】 和歌山県那賀郡岩出町中迫 1 0 番地の 6

【氏名】 上保 徹志

## 【特許出願人】

【識別番号】 000197366

【氏名又は名称】 エヌイーシーアクセステクニカ株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】 591129988

【氏名又は名称】 入谷 忠光

## 【特許出願人】

【識別番号】 501141611

【氏名又は名称】 上保 徹志

## 【代理人】

【識別番号】 100071272

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 洋介

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100077838

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 池田 憲保

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012416

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0100198

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 距離測定方法、及びそれを適用した距離測定装置、並びにそれを適用した距離測定設備

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電磁波発生源により電磁波を進行波として測定対象物へ向けて送信可能であると共に、該電磁波の周波数を可変制御可能な距離測定系にある検出点で反射波と該進行波とが干渉して発生する定在波を利用して該距離測定系及び該測定対象物の間の距離を求める距離測定方法において、前記距離測定系では、前記定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて前記測定対象物から前記検出点までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算することを特徴とする距離測定方法。

【請求項 2】 それぞれの電磁波発生源により電磁波を進行波として測定対象物へ向けて送信可能であると共に、該電磁波の周波数を可変制御可能な複数の距離測定系にある検出点でそれぞれ反射波と該進行波とが干渉して発生する定在波を利用して該距離測定系及び該測定対象物の間の距離を求める距離測定方法において、前記複数の距離測定系にある前記定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて前記測定対象物から前記検出点までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御し、該複数の距離測定系でそれぞれ得られる該距離及び該相対速度と該複数の距離測定系の該検出点同士の相対的な位置とから該測定対象物の空間座標を演算することを特徴とする距離測定方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の距離測定方法において、前記距離測定系では、前記電磁波発生源による前記電磁波の周波数をステップ増減パターンの波形となるように所定のステップ周波数で増加、減少させて可変制御すると共に、該ステップ増減パターンに従った該所定のステップ周波数による増加又は減少途中にある該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算することを特徴とする距離測定方法。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載の距離測定方法において、前記距離測定

系では、前記電磁波発生源による前記電磁波の周波数をランダムに所定のステップ周波数で増加，減少させて可変制御すると共に、ランダムに変化させた周波数での該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算することを特徴とする距離測定方法。

【請求項 5】 電磁波を発生する電磁波発生器と、前記電磁波発生器による電磁波を測定対象物へ向けて進行波として伝播する伝播手段と、前記進行波の前記測定対象物からの反射波を検出する検出器と、前記電磁波発生器により発生される前記電磁波の周波数を制御すると共に、前記検出器からの前記反射波の検出結果に基づいて前記測定対象物から前記検出器までの距離を測定可能な信号処理器とを備えた距離測定装置において、前記信号処理器は、前記検出器で得られる該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を測定し演算した結果に基づいて該測定対象物から該検出器までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算することを特徴とする距離測定装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の距離測定装置において、前記信号処理器では、前記電磁波発生器による前記電磁波の周波数をステップ増減パターンの波形となるように所定のステップ周波数で増加，減少させて可変制御すると共に、該ステップ増減パターンに従った該所定のステップ周波数による増加又は減少途中にあっての該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算することを特徴とする距離測定装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の距離測定装置において、前記信号処理器では、前記電磁波発生器による前記電磁波の周波数をランダムに所定のステップ周波数で増加，減少させて可変制御すると共に、ランダムに変化させた周波数での該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算することを特徴とする距離測定装置。

【請求項 8】 請求項 5～7 の何れか一つに記載の距離測定装置において、前記電磁波発生器は、前記電磁波として周期的に光強度が変化する光を発光する

と共に、該光の周波数を可変し得る発光部を含み、前記伝播手段は、少なくとも前記光の一部を透過させた上で前記進行波として放出する機能を持つ光デバイスであり、前記信号処理器は、前記発光部により発光される前記光の周波数を可変制御することを特徴とする距離測定装置。

【請求項 9】 請求項 5～8 の何れか一つに記載の距離測定装置を複数備えて成る距離測定設備であって、前記複数の距離測定装置にあつての前記定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて前記測定対象物から前記検出器までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御する制御装置と、前記複数の距離測定装置でそれぞれ得られる前記距離及び前記相対速度と該複数の距離測定装置の前記検出器同士の相対的な位置とから該測定対象物の空間座標を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする距離測定設備。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主として地上、海上、或いは水中等で距離測定系と測定対象物との間に形成した定在波を利用して距離測定系及び測定対象物との間の距離及び相対速度を同時に測定可能にした距離測定方法、及びそれを適用した距離測定装置、並びにそれを適用した距離測定設備に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、電波を利用した距離測定装置としては、マイクロ波やミリ波を用いた電波レーダが知られている。この電波レーダは、方式によりパルスレーダ、FMCWレーダ等に分けられるが、最近ではスペクトル拡散レーダやCDMAレーダも見られる。

【0003】

具体的に言えば、パルスレーダはパルス信号を発信し、それが測定対象物で反射して戻ってくるまでの時間を計測することにより測定対象物までの距離を求めるものである。FMCWレーダは、周波数掃引した連続波を発信し、発信信号及

び反射信号の周波数差から測定対象物までの距離を求めるものである。この方式の場合には測定対象物の移動速度も同時に測定できる。又、スペクトル拡散レーダやCDMAレーダは、基本的にパルスレーダと同様なものであり、測定対象物までの往復の伝搬時間に基づいて距離を測定するものである。

#### 【0004】

ところが、こうした電波レーダの場合、最小探知距離が数10m以上であるため、測定対象物が近距離であれば測定（適用）が困難になってしまうという問題がある。又、その他のレーダとして知られるドップラーレーダの場合、構造が簡単で測定対象物が近距離であっても測定（適用）可能であるが、測定対象物が停止していれば測定対象物までの距離を測定できないという問題がある。更に、こうした従来のレーダでは、複数のレーダを近くで同時に使用しようとした場合、受信器が他のレーダから発信された信号を受信することを回避する手段がないことにより、測定誤差が増大したり、或いは測定ができなくなってしまうという問題がある。

#### 【0005】

そこで、測定対象物が近距離であっても精度良く測定対象物との間の距離測定が可能であり、しかも複数の測定対象物の距離を同時に測定可能な距離測定技術として、「距離測定装置、距離測定設備、および距離測定方法」（特許文献1参照）が提案されている。この特許文献1による距離測定は、電磁波発生源により電磁波を進行波として測定対象物へ向けて送信したときに測定対象物からの反射（反射波）があれば周波数に拘らず常に定在波が発生するという考えに基づき、反射波と進行波とが干渉して定在波を発生可能となるように電磁波の周波数を可変制御可能な距離測定系にあっての電磁波発生源よりも測定対象物寄りの検出点で定在波を利用し、定在波の振幅の変動周期を算出した結果に基づいて距離測定系（検出点）及び測定対象物との距離を求めるものである。

#### 【0006】

因みに、このような距離測定に関連するその他の周知技術としては、「光の屈折率変化が生じる位置を測定する装置」（特許文献2）、「光線による距離計測装置」（特許文献3、4）、「光学式測距装置」（特許文献5）、「距離測定方



式」(特許文献6)、「距離測定方法及びその装置」(特許文献7)、「距離測定装置」(特許文献8, 9)、「電磁波の干渉を利用した距離測定法」(特許文献10)等が挙げられる。

#### 【0007】

このうち、特許文献2～7の技術の特許文献1の技術と対比した場合、特許文献2, 3, 4については特許文献1とは原理や基本構成が異なっており、特許文献5については光学式の測距装置であって、特許文献1のように定在波を使用しておらず、構成や目的も異なっている。

#### 【0008】

特許文献6に関しては、周波数を可変して共振周波数を測定し、その共振周波数から距離を得るものであり、明細書中の1箇所に定在波という語句が用いられているが、これは共振周波数で空間を駆動したときの単なる一現象として参考程度に記述されたものと類推され、特許文献1のように定在波そのものを積極的に利用しているものとは考え難い。仮にそうではないとしても、定在波は共振周波数においてのみ発生するとの概念(技術的には正しくない認識である)であり、特許文献1の定在波の概念とは異なるものであり、異なった原理・現象を利用しているものと考えられる。

#### 【0009】

特許文献7に関しては、定在波の周期に基づいて距離を求める手法であるが、ここでの周期とは、明細書中の段落[0015]の距離Lの説明から明らかであるように、距離の次元を持つ値であり、空間に発生した定在波の空間軸上での一周期の長さを示している。これに対し、特許文献1における周期とは信号源周波数を変化させながら空間に発生させた定在波を空間上のある1点で観測したときに得られる観測信号レベルの信号源周波数に対する周期であって、周波数の次元を持つ周波数軸上での周期を示しており、特許文献7とは現象の見方が根本的に異なる。即ち、特許文献7の定在波の周期は空間を利用し、特許文献1の定在波の周期は周波数領域を利用しており、特許文献1では反射があれば周波数に関係なく常に定在波が発生するという考えに基づいているが、特許文献7では或る特定の周波数においてのみ定在波が発生するという考えに基づいてことにより、両

者には技術的な考え方が根本的に異なっている。

#### 【0010】

特許文献8に関しては、ドップラーセンサを利用して静止している物体を対象として距離測定を行うもので、予め用意していたセンサから測定対象物体との間の定在波の波形（距離に対する電圧レベル）を用いて距離を測定するもので、波形を比較するために予め波形を保存した基準テーブル保持部、波形（実際には電圧値）を比較するための電圧レベル比較部、測定対象物体が静止しているか否かを判定するための変化率判定部を要するもの（こうした構成の場合、比較可能な範囲は第2ピークである定在波の波長の1.5倍までになるものと類推される）であるが、特許文献1では定在波そのものの波形や波長を用いているのではなく、周波数を変化させたときの定在波の振幅の周期から距離を測定することにより、測定対象物体が動いているときでも距離測定を可能にしたものであるもので、両者の距離測定の技術は根本的に異なっている。

#### 【0011】

特許文献9に関しては、光ビートから情報を取り出す光ヘテロダイン干渉法において、レーザダイオードに対する周波数変調を高精度にすることを目的とし、ビート成分に対応する信号をカウントするためのカウンタを有すると共に、ビート成分を中心とする周波数成分のみを必要とするためのバンドパスフィルタを使用した上、鋸波等の変調信号により周波数を変化させて送信信号と受信信号との光ビート信号に対応するレベルを測定することで距離を測定する（基本的にはFMCWレーダの方式と同様と考えられる）ため、測定対象物体が近距離に存在する場合の測定が困難であり、特許文献1のように受信信号（反射波）が返って来るまでの時間に依存せずに測定対象物体が近距離である場合にも距離測定を可能にした技術とは区別され得るものとなっている。

#### 【0012】

特許文献10に関しては、送信する電磁波と障害物（測定対象物）から反射される反射波との干渉を利用して近距離の測定を可能にしたもので、具体的には発射した電磁波が障害物に当たり直接戻って来る反射波を測定対象物とし、送信する電磁波と反射波とを別々に利用するため、電磁波を発射する一定の時間やサイ

クル回数にもよるが、基本的には 1 回の距離計測のために相当な時間がかかるもので、特許文献 1 のように定在波の振幅の変動周期を算出した結果に基づいて距離測定系（検出点）及び測定対象物の間の距離を求めるものとは基本的な構成及び技術的要旨が根本的に異なっている。

【 0 0 1 3 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 3 5 7 6 5 6 号公報（要約、特許請求の範囲）

【 0 0 1 4 】

【特許文献 2】

特開平 0 5 - 2 0 3 4 1 2 号公報（要約、特許請求の範囲）

【 0 0 1 5 】

【特許文献 3】

特開昭 3 8 - 1 2 5 7 号公報（特許請求の範囲）

【 0 0 1 6 】

【特許文献 4】

特開昭 5 8 - 1 9 8 7 8 1 号公報（特許請求の範囲）

【 0 0 1 7 】

【特許文献 5】

特開平 0 6 - 1 6 0 0 8 2 号公報（要約、特許請求の範囲）

【 0 0 1 8 】

【特許文献 6】

特開昭 5 9 - 1 4 2 4 8 5 号公報（特許請求の範囲、第 2 頁）

【 0 0 1 9 】

【特許文献 7】

特開平 0 5 - 2 8 1 3 4 1 号公報（特許請求の範囲、第 3 頁）

【 0 0 2 0 】

【特許文献 8】

特開 2 0 0 2 - 2 9 6 3 4 4 （要約、特許請求の範囲）

【 0 0 2 1 】

**【特許文献 9】**

特開平 0 1 - 2 1 9 5 8 3 号公報（特許請求の範囲、第 3 頁乃至第 5 頁）

**【0 0 2 2】****【特許文献 1 0】**

特開平 0 2 - 3 0 4 3 8 7 号公報（特許請求の範囲、第 1 頁乃至第 2 頁）

**【0 0 2 3】****【発明が解決しようとする課題】**

上述した特許文献 1 の場合、測定対象物と距離測定系（距離測定装置）とが停止している場合やこれらが同じ速度で動いている場合（相対速度が零である場合）には有効であるが、相対速度が零でない場合（測定対象物及び距離測定系のうちの何れか一方又は双方が動いている場合）には測定誤差が大きくなってしまい、測定対象物までの距離を適確に測定できなくなってしまうという難点がある。

**【0 0 2 4】**

本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、測定対象物及び距離測定系の相対速度が零でなくても、測定対象物までの距離並びに相対速度の双方を同時に適確に測定し得る距離測定方法、及びそれを適用した距離測定装置、並びにそれを適用した距離測定設備を提供することにある。

**【0 0 2 5】****【課題を解決するための手段】**

本発明によれば、電磁波発生源により電磁波を進行波として測定対象物へ向けて送信可能であると共に、該電磁波の周波数を可変制御可能な距離測定系にある検出点で反射波と該進行波とが干渉して発生する定在波を利用して該距離測定系及び該測定対象物の間の距離を求める距離測定方法において、距離測定系では、定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物から検出点までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する距離測定方法が得られる。

**【0 0 2 6】**

又、本発明によれば、それぞれの電磁波発生源により電磁波を進行波として測定対象物へ向けて送信可能であると共に、該電磁波の周波数を可変制御可能な複数の距離測定系にあっての検出点でそれぞれ反射波と該進行波とが干渉して発生する定在波を利用して該距離測定系及び該測定対象物の間の距離を求める距離測定方法において、複数の距離測定系にあっての定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物から検出点までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御し、該複数の距離測定系でそれぞれ得られる該距離及び該相対速度と該複数の距離測定系の該検出点同士の相対的な位置とから該測定対象物の空間座標を演算する距離測定方法が得られる。

#### 【0027】

更に、本発明によれば、上記何れかの距離測定方法において、距離測定系では、電磁波発生源による電磁波の周波数をステップ増減パターンの波形となるように所定のステップ周波数で増加、減少させて可変制御すると共に、該ステップ増減パターンに従った該所定のステップ周波数による増加又は減少途中にあっての該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算する距離測定方法が得られる。

#### 【0028】

加えて、本発明によれば、上記何れかの距離測定方法において、距離測定系では、電磁波発生源による電磁波の周波数をランダムに所定のステップ周波数で増加、減少させて可変制御すると共に、ランダムに変化させた周波数での該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算する距離測定方法が得られる。

#### 【0029】

一方、本発明によれば、電磁波を発生する電磁波発生器と、電磁波発生器による電磁波を測定対象物へ向けて進行波として伝播する伝播手段と、進行波の測定対象物からの反射波を検出する検出器と、電磁波発生器により発生される電磁波の周波数を制御すると共に、検出器からの反射波の検出結果に基づいて測定対象物から検出器までの距離を測定可能な信号処理器とを備えた距離測定装置におい

て、信号処理器は、検出器で得られる該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を測定し演算した結果に基づいて該測定対象物から該検出器までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する距離測定装置が得られる。

#### 【0 0 3 0】

又、本発明によれば、上記距離測定装置において、信号処理器では、電磁波発生器による電磁波の周波数をステップ増減パターンの波形となるように所定のステップ周波数で増加、減少させて可変制御すると共に、該ステップ増減パターンに従った該所定のステップ周波数による増加又は減少途中にあつての該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算する距離測定装置が得られる。

#### 【0 0 3 1】

更に、本発明によれば、上記距離測定装置において、信号処理器では、電磁波発生器による電磁波の周波数をランダムに所定のステップ周波数で増加、減少させて可変制御すると共に、ランダムに変化させた周波数での該進行波から該反射波までの往復遅延時間経過後の任意の時刻に該定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算する距離測定装置が得られる。

#### 【0 0 3 2】

加えて、本発明によれば、上記何れか一つの距離測定装置において、電磁波発生器は、電磁波として周期的に光強度が変化する光を発光すると共に、該光の周波数を可変し得る発光部を含み、伝播手段は、少なくとも光の一部を透過させた上で進行波として放出する機能を持つ光デバイスであり、信号処理器は、発光部により発光される光の周波数を可変制御する距離測定装置が得られる。

#### 【0 0 3 3】

他方、本発明によれば、上記何れか一つの距離測定装置を複数備えて成る距離測定設備であつて、複数の距離測定装置にあつての定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物から検出器までの距離、並びに該測定対象物との相対速度を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御する制御装置と、複数の距離測定装置でそれぞれ得られる距

離及び相対速度と該複数の距離測定装置の検出器同士の相対的な位置とから該測定対象物の空間座標を演算する演算装置とを備えた距離測定設備が得られる。

#### 【0034】

##### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。最初に、本発明の距離測定方法の技術的概要について、簡単に説明する。

#### 【0035】

図1は、本発明の距離測定方法の元になる技術的背景に係る距離測定系から測定対象物Mまでの距離測定に際して、電磁波発生源A1から測定対象物Mまでの距離dで定在波Sを形成するための原理を説明するための概略図であり、同図(a)は電磁波による進行波Dの放出と進行波Dに係る測定対象物Mからの反射波Rとの関係に関するもの、同図(b)は進行波D及び反射波Rの干渉により発生する定在波Sに関するものである。

#### 【0036】

まず、図1(a)を参照すれば、電磁波発生源A1から周波数fの電磁波を空気や水等の伝搬媒質中で測定対象物Mへ向けて放出すると、その電磁波は進行波Dとなって伝搬媒質中を伝播する。この進行波Dにおいて、電磁波発生源A1からの任意な距離xの位置における値VDは、光速をcとした場合に周波数f、距離xの関数として、 $VD(f, x) = \exp(j 2 \pi f / c \cdot x)$ なる関係式で表わされる。

#### 【0037】

進行波Dは、伝搬媒質中を伝播し続け、やがて電磁波発生源A1から間隔dに位置する測定対象物Mに到達すると、測定対象物Mで反射して反射波Rとなり、この反射波Rが測定対象物Mから電磁波発生源A1へ向かって伝搬媒質中を伝播する。この反射波Rにおいて、電磁波発生源A1からの任意な距離xの位置における値VRは、周波数f、距離xの関数として、 $VR(f, x) = MR \cdot \exp\{j 2 \pi f / c \cdot (2d - x)\}$ なる関係式で表わされる。但し、ここでのMRは、測定対象物Mにおける電磁波の反射係数を示すものであり、 $MR = \gamma \cdot \exp(j \phi)$ なる関係が成立する。

## 【0038】

そして、図1(b)に示されるように、進行波Dと反射波Rとが干渉すると、電磁波発生源A1と測定対象物Mとの間に定在波Sが形成されるが、距離測定系では定在波Sの振幅SPを電磁波発生源A1から距離x1だけ測定対象物M側寄りの検出点A2で測定する。この場合、検出点A2で検出する定在波Sの振幅SPは、電磁波発生源A1から測定対象物Mまでの距離d、電磁波発生源A1から検出点A2までの距離x1、測定対象物Mから検出点A2までの距離d1の関係を示す $d1 = d - x1$ なる条件下にあって、測定対象物Mにおける電磁波の反射係数 $MR = \gamma \cdot \exp(j\phi)$ に係る定数 $\gamma$ 、 $\phi$ 、並びに光速cを用いた上で周波数f、距離x1の関数として、 $SP(f, x1) = \{1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos(2\pi f/c \cdot 2d1 + \phi)\}^{1/2}$ なる関係式で表わされる。

## 【0039】

即ち、検出点A2が存在する位置における定在波Sの振幅SPは、電磁波発生源A1から発生する進行波Dの周波数fに対して周期的であって、その周期FT(周波数の次元であることに注意)が $c/2d1$ となり、検出点A2から測定対象物Mまでの距離d1に反比例するものとなる。従って、進行波Dの周波数fを変化させれば、検出点A2が存在する位置において定在波Sの振幅SPの変動周期を求めることができるので、これによって測定対象物Mまでの距離d1を測定することが可能になる。

## 【0040】

図2は、このような距離測定方法を適用した距離測定装置の基本構成の一例を示したブロック図である。この距離測定装置10Aは、周波数fの電磁波を発生する電磁波発生器11Aと、電磁波発生器11Aによる周波数fの電磁波を測定対象物Mへ向けて進行波Dとして送信する送信器12Aと、送信器12Aよりも測定対象物M側寄りに配置されて進行波Dと反射波Rとの合成波、即ち、定在波Sを検出する検出器13Aと、電磁波発生器11Aにより発信生成される電磁波の周波数fを制御すると共に、検出器13Aからの定在波Sの検出結果に基づいて測定対象物Mから検出器13Aまでの距離(間隔)を測定する信号処理器14Aとにより構成されるが、ここでの信号処理器14Aは、電磁波発生器11Aに



より発生される電磁波の周波数  $f$  を可変制御すると共に、検出器 13A で得られる定在波  $S$  を利用し、定在波  $S$  の振幅  $SP$  の周波数  $f$  に対する変動周期を演算した結果に基づいて測定対象物  $M$  から検出器 13A までの距離（間隔）を演算するようになっている。

#### 【0041】

このような原理や構成を適用したのが特許文献 1 であり、ここでは距離  $d_1$  の値を固定値としているが、これは測定対象物  $M$  と距離測定系（距離測定装置）とが停止している場合やこれらが同じ速度で動いている場合（相対速度が零である場合）には有効であるが、相対速度が零でない場合（測定対象物及び距離測定系のうちの何れか一方又は双方が動いている場合）には誤差が大きくなってしまうという難点がある。

#### 【0042】

そこで、本発明の距離測定方法では、定在波  $S$  を利用して距離測定系及び測定対象物  $M$  の間の距離を測定する際、距離測定系では、測定対象物  $M$  との相対速度  $v$  を考慮した上、定在波  $S$  の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物  $M$  から検出点  $A_2$  までの距離  $d_1$ 、並びに測定対象物  $M$  との相対速度  $v$  を同時に演算する。ここでの定在波  $S$  の振幅  $SP$  及び振幅の 2 乗  $SPO$  は、時間  $t$ 、測定対象物  $M$  との相対速度  $v$ 、電磁波発生源  $A_1$  から測定対象物  $M$  までの距離  $d$ 、電磁波発生源  $A_1$  から検出点  $A_2$  までの距離  $x_1$ 、測定対象物  $M$  から検出点  $A_2$  までの距離  $d_1$  の関係を示す  $d_2 = d_1 - v \cdot t$ 、 $d_1 = d - x_1$  なる条件下にあって、測定対象物  $M$  における電磁波の反射係数  $M_R = \gamma \cdot \exp(j\phi)$  に係る定数  $\gamma$ 、 $\phi$ 、並びに光速  $c$  を用いた上で電磁波の周波数  $f$ 、距離  $x_1$ 、時間  $t$  の関数として、 $SP(f, x_1, t) = \{1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos(2\pi f/c \cdot 2d_2 + \phi)\}^{1/2}$ 、 $SPO(f, x_1, t) = \{1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos(2\pi f/c \cdot 2d_2 + \phi)\}$  なる関係式（基本式）で表わされる。又、測定対象物  $M$  が複数（電磁波発生源から各対象物までの距離  $d_k$ 、 $k=1, 2, \dots, n$ ）の場合、 $SP(f, x_1, t)$ 、 $SPO(f, x_1, t)$  はそれぞれ 下記の数 1 式、数 2 式のように表わされる。

#### 【0043】

## 【数 1】

$$\begin{aligned}
 SP(f, x1, t) &= \left| \exp(j 2\pi f \cdot x1/c) \cdot \left\{ 1 + \sum_{k=1}^n \gamma_k \exp \{ j (2\pi f / c \cdot 2d 2_k + \phi_k) \} \right\} \right| \\
 &\doteq \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^n \gamma_k \cos (2\pi f / c \cdot 2d 2_k + \phi_k) \right\}^{1/2} \\
 &\quad (\text{但し、} \gamma \ll 1 \text{ とする})
 \end{aligned}$$

## 【0044】

## 【数 2】

$$\begin{aligned}
 SPO(f, x1, t) &= \left| \exp(j 2\pi f \cdot x1/c) \right|^2 \cdot \left| 1 + \sum_{k=1}^n \gamma_k \exp \{ j (2\pi f / c \cdot 2d 2_k + \phi_k) \} \right|^2 \\
 &\doteq \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^n \gamma_k \cos (2\pi f / c \cdot 2d 2_k + \phi_k) \right\} \\
 &\quad (\text{但し、} \gamma \ll 1 \text{ とする})
 \end{aligned}$$

## 【0045】

尚、ここでの距離測定方法に際しては、電磁波発生源 A 1 から発生する電磁波の周波数  $f$  を所定のステップ増減パターンの波形となるように所定のステップ周波数  $\Delta f$  で増加、減少させるか、或いはランダムに可変制御する必要がある。

## 【0046】

図 3 は、周波数の可変パターンのうち最も単純な増加、減少パターンの場合を例として、電磁波発生源 A 1 から発生する電磁波による進行波 D と測定対象物 M からの反射波 R の周波数変化、並びにそれらの遅延時間  $\tau$  と定在波 S の振幅  $SP$  を検知し、検知した振幅に対応する信号の測定が可能な時間  $\Delta t_S$  とのタイミングを時間に対する周波数の関係で示したものである。

## 【0047】

図 3 では、距離測定系において、ステップ増減パターンに従った初期周波数  $f_G$  からのステップ周波数  $\Delta f$  により増加又は減少した後、往復遅延時間  $\tau$  経過後の任意の時刻に定在波 S の振幅  $SP$  を検知し、検知した振幅に対応する信号を演

算することを示している。

#### 【0048】

即ち、周波数  $f_G$  からステップ周波数  $\Delta f$  の増加後、進行波 D の周波数  $f$  は  $f_G + \Delta f$  に変化するが、進行波 D 自体は伝搬媒質中を一定の速度（光速  $c$ ）で伝播するため、進行波 D の波長が変化することになる。従って、電磁波発生源 A 1 と測定対象物 M との間における伝搬媒質中に形成される定在波 S が変化し、検出点 A 2 での検出信号値が変化する。電磁波発生源 A 1 では、このように進行波 D の周波数  $f$  をステップ周波数  $\Delta f$  分だけ変化させる処理を図 3 中に示される周波数  $f_G + f_B$  と一致するまで繰り返す。

#### 【0049】

上述した基本式において、進行波 D を図 3 に示される所定のステップパターンのように増減変化させた状態で測定すると、時間  $t = 0$  で S P O の基本式中の  $\cos$  内部の  $(f/c) \cdot 2d_2 + \phi$  は、 $(f_G/c) \cdot 2d_1 + \phi$  なる関係式 1 として表わされ、時間  $t = T$  では、 $((f_G + f_B)/c) \cdot 2(d_1 - v \cdot T) + \phi$  なる関係式 2 として表わされる。

#### 【0050】

ここで、関係式 2 - 関係式 1 の値を示す  $2 \{d_1 \cdot f_B - v \cdot T(f_G + f_B)\} / c$  を  $k_1$  とおいたもの  $[2 \{d_1 \cdot f_B - v \cdot T(f_G + f_B)\} / c = k_1]$  を関係式 3 とし、同様に S P O の基本式中の  $\cos$  内部の  $(f/c) \cdot 2d_2 + \phi$  の値について、時間  $t = 2T$  の場合の値から時間  $t = T$  の場合の値を減算した値を示す  $2 \{d_1 \cdot f_B + v \cdot T(f_G - f_B)\} / c$  を  $k_2$  とおいたもの  $[2 \{d_1 \cdot f_B + v \cdot T(f_G - f_B)\} / c = k_2]$  を関係式 4 とした上、関係式 3、関係式 4 から変数  $d_1$  と相対速度  $v$  に関する連立方程式を解くと、 $d_1 = c \{k_1(1 - f_B/f_G) + k_2(1 + f_B/f_G)\} / (4 \cdot f_B)$  なる関係式 5、並びに  $v = c \cdot (k_2 - k_1) / (4Tf_G)$  なる関係式 6 が得られる。

#### 【0051】

ここでの  $k_1$ 、 $k_2$  は、それぞれ進行波 D の周波数  $f$  を  $f_G$  から  $f_G + f_B$ 、 $f_G + f_B$  から  $f_G$  へ変化させたときに発生する定在波 S の振幅 S P の周波数  $f$

に対する周期から求められるため、測定対象物Mから検出点A 2までの距離  $d_1$  とこれらの間の相対速度  $v$  とを同時に求めることが可能となる。

#### 【0052】

即ち、信号処理手段の演算により基本式の関数に対してフーリエ変換等の処理を行えば、周波数  $f$  の情報と検出点A 2での検出信号の値とに基づいて生成される周波数  $f$  に関する関数の周期を算出することができ、関係式3における  $k_1$  を求めることができ、同様に図3に示したように周波数  $f$  を  $f_G + f_B$  から  $f_G$  まで変化させることによって関係式4における  $k_2$  を求めることができる。又、こうして求められた  $k_1$ ,  $k_2$  に基づいて検出点A 2から測定対象物Mまでの距離  $d_1$  と電磁波発生源A 1及び検出点A 2を含む距離測定系と測定対象物Mとにおける相対速度  $v$  とを求めることができる。

#### 【0053】

更に、電磁波発生源A 1から検出点A 2までの距離  $x_1$  が既知であれば、電磁波発生源A 1から測定対象物Mまでの距離  $d$  が求められ、電磁波発生源A 1及び検出点A 2を含む距離測定系の速度が既知であれば、測定対象物Mの速度を求めることも可能である。加えて、信号処理手段で進行波Dの周波数  $f$  に対する定在波Sの振幅の周期を求める代わりに、進行波Dの周波数  $f$  に対する定在波Sの振幅  $S_P$  の関数が極大・極小となる周波数  $f$  を2つ以上求めて、それらの周波数  $f$  から測定対象物Mと電磁波発生源A 1との間の距離  $d$  を求めることも可能である。更に、進行波Dの周波数  $f$  を  $f_G$  から  $f_G + f_B$  に変化させた際と  $f_G + f_B$  から  $f_G$  へ変化させた際とのそれぞれに関して、求まる基本式の関数に対してフーリエ変換することで得られた結果から相対速度  $v$  及び距離  $d$  を演算することも可能である。

#### 【0054】

以上に説明したように、本発明の距離測定方法を採用すれば、検出点A 2から測定対象物Mまでの距離  $d_1$ 、並びに電磁波発生源A 1及び検出点A 2を含む距離測定系と測定対象物Mとにおける相対速度  $v$  を同時に求められる上、特許文献1で説明されているように、電磁波発生源A 1により発生した電磁波が測定対象物Mで反射して検出点A 2に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象物

Mまでの距離が数10cm以下の近距離であっても精度良く測定することができる。又、特許文献1で説明されているように、検出点A2で得られる検出信号をフーリエ変換して定在波Sの振幅SPの周期を求めれば、複数の測定対象物Mの間に形成された複数の定在波Sの振幅SPを同時に測定しても、各定在波Sの振幅SPの変動周期をそれぞれ求めることができるので、複数の測定対象物Mと検出点A2との間の距離及び相対速度 $v$ をそれぞれ測定することができる。

#### 【0055】

以下は、本発明の距離測定方法を適用した距離測定装置の幾つかの実施の形態について、具体的に説明する。

#### 【0056】

図4は、本発明の距離測定方法を適用した一つの実施の形態に係る距離測定装置10Bの基本構成を示したブロック図である。この距離測定装置10Bの場合、発信部4及び周波数制御部5から成ると共に、周波数 $f$ の電磁波を発生する電磁波発生器11Bと、電磁波発生器11Bによる周波数 $f$ の電磁波を測定対象物Mへ向けて進行波Dとして伝播する伝播手段であって、進行波Dを測定対象物Mへ向けて送信する送信器12Bと、送信器12Bよりも測定対象物M側寄りに配置されて定在波Sを検出する検出器13Bと、電磁波発生器11Bにより発生される電磁波の周波数 $f$ を制御すると共に、検出器13Bからの定在波Sの検出結果に基づいて測定対象物Mから検出器13Bまでの距離（間隔） $d_1$ 及び相対速度 $v$ を測定する信号処理器14Bとを備えることを基本構成としているが、ここでの信号処理器14Bは、電磁波発生器11Bにあつての発信部4により発信される電磁波としての発信信号の周波数 $f$ を所定の周波数の値に設定されるように周波数制御部5へ制御指示して可変制御すると共に、周波数 $f$ を所定の周波数に設定した後に反射波Rが戻ってくるまでの往復遅延時間 $\tau$ 経過後の任意の時間に定在波Sの振幅SPを検知し、検知した振幅に対応する信号を演算し、その演算結果に基づいて測定対象物Mから検出器13Bまでの距離（間隔） $d_1$ と距離測定装置10Bと測定対象物Mにおける相対速度 $v$ とを同時に演算するようになっている。

#### 【0057】

尚、この距離測定装置 10 B では、信号処理器 14 B、電磁波発生器 11 B、及び送信器 12 B が協働して上述した距離測定方法での電磁波発生源 A 1 に対応する機能を持ち、検出器 13 B 及び信号処理器 14 B が協働して上述した距離測定方法での検出点 A 2 に対応する機能を持つ。

#### 【0058】

距離測定装置 10 B の細部について説明すれば、電磁波発生器 11 B を構成する発信部 4 には例えば交流電源等の一定の周波数  $f$  の信号を出力できるものを用いれば良く、信号処理器 14 B と接続される周波数制御部 5 には発信部 4 が出力する発信信号の周波数  $f$  を可変的に制御できる機能を持つものを用いれば良い。即ち、周波数制御部 5 は、基本機能として発信部 4 が発信する周波数  $f$  の発信信号の電圧レベルの数値を持つ信号や、発信部 4 による発信信号と同じ周波数  $f$  を有する信号等を出力可能なものである。

#### 【0059】

又、電磁波発生器 11 B に接続される送信器 12 B には、例えば増幅器等を持つ送信用アンテナを用いれば良い。送信器 12 B は、空気や水等の伝搬媒質中や真空中に電磁波発生器 11 B の発信部 4 が発信した発信信号と同じ周波数  $f$  を有する電磁波として進行波 D を放出するものである。このため、電磁波発生器 11 B の周波数制御部 5 によって発信部 4 が発信する発信信号の周波数  $f$  を変えれば、送信器 12 B から放出される電磁波としての進行波 D の周波数を可変することができる。

#### 【0060】

信号処理器 14 B と接続されると共に、送信手段 12 B よりも測定対象物 M 寄りに配置される検出器 13 B には、アンテナや振幅検出器、自乗検波器等を用いれば良い。この検出器 13 B は、送信器 12 B から放出された進行波 D とその進行波 D が測定対象物 M で反射した反射波 R とが干渉して形成される定在波 S の振幅 S P を検出するためのもので、測定対象物 M から距離  $d_1$  の位置に設けられている。即ち、検出器 13 B には、定在波 S の振幅 S P に対応する検出信号として、例えば定在波 S の振幅 S P と同じか、或いは振幅 S P の 2 乗に比例した電流や電圧等を出力できるものを用いれば良い。

## 【0061】

検出器 13 B に接続された信号処理器 14 B には、例えばデジタルシグナルプロセッサ (DSP) やメモリ等を用いることで入力されたデータを記録する記録部と、この記録部に記録されたデータを演算する演算部とを備えた構成であれば良く、ここでの演算部によって検出器 13 B から測定対象物 M までの距離  $d_1$ 、並びに測定対象物 M との相対速度  $v$  を同時に算出することができる。又、信号処理器 14 B は、電磁波発生器 11 B の周波数制御部 5 にも接続されており、電磁波発生器 11 B の周波数制御部 5 から発信部 4 経由で発信出力される発信信号の周波数  $f$  に関する情報 (以下、単に出力信号の周波数情報とする) を受けてその周波数情報を指示制御可能であると共に、検出器 13 B から検出信号を受信したときに電磁波発生器 11 B の周波数制御部 5 へ受信確認信号を送出することができるものである。

## 【0062】

尚、この距離測定装置 10 B の場合、送信器 12 B と検出器 13 B とを別々に設けた構成としているが、一つのアンテナを用いて送信器 12 B 及び検出器 13 B を兼用させて一体化しても良い。

## 【0063】

この距離測定装置 10 B によれば、信号処理器 14 B の演算部の機能により検出器 13 B から測定対象物 M までの距離  $d_1$ 、並びに測定対象物 M との相対速度  $v$  を同時に算出することができるため、測定対象物 M 及び距離測定装置 10 B の相対速度  $v$  が零でなく、測定対象物 M 及び距離測定装置 10 B の何れか一方又は双方が動いている場合でも、特許文献 1 では困難であった測定を適確に行うことができる。

## 【0064】

それ故、この距離測定装置 10 B を例えば自動車や列車等に代表される車両、或いは航行体等の移動体に装着すれば、前を移動する相手側との距離や相対速度の他、前を移動する相手側の速度を求めることができるので、追突防止システムや前を移動する相手側との距離を一定に保つためのシステム等に利用することが可能となるし、後続する相手側との距離や相対速度の他、後続する相手側の速度

を求めることもできるので、駐車支援や後続する相手側との衝突防止システム、或いは後続する相手側との距離を一定に保つシステム等に利用することが可能となり、その他にも左右方向の障害物との間の側方支援システムに利用することが可能となる。

#### 【0065】

このように、ここでの距離測定装置 10B は、運転移動体の運転支援等に利用することが有効と考えられるが、基本的機能からは全方位を対象とする物や人、或いは生物等の測定対象物 M との距離や相対速度を求めることができるので、それを応用したシステムへの利用が可能となる。

#### 【0066】

次に、上述した距離測定装置 10B の動作について説明する。この距離測定装置 10B では、先ず電磁波発生器 11B の周波数制御部 5 により発信部 4 から周波数  $f$  が  $f_G$  である発信信号を出力させると、その発信信号を受けた送信器 12B により進行波 D が測定対象物 M へ向けて伝搬媒質中に放出される。このとき、発信信号の周波数情報が周波数制御部 5 から信号処理器 14B に送信される。送信器 12B から放出された進行波 D は伝搬媒質中を伝搬して測定対象物 M に到達し、測定対象物 M で反射して反射波 R となり、この反射波 R が進行波 D とは逆向きの送信器 12B に向かって伝搬媒質中を伝搬する。すると、進行波 D と反射波 R とが干渉して送信器 12B と測定対象物 M との間における伝播媒質中に定在波 S が形成される。

#### 【0067】

そこで、ここでの定在波 S の振幅  $SP$  は、送信器 12B よりも測定対象物 M 寄りの距離（間隔） $d_1$  にある検出器 13B によって検出され、検出器 13B が定在波 S の振幅  $SP$  に対応する検出信号を信号処理器 14B へ送信する。検出器 13B からの検出信号を受けた信号処理器 14B は、記録部によって検出信号の値を周波数制御部 5 から送信された出力信号の周波数情報と 1 対 1 に対応させて記録し、同時に周波数制御部 5 へ受信確認信号を送信する。

#### 【0068】

周波数制御部 5 は、一定間隔（測定範囲から決められる反射波 R が反射して戻



ってくるまでの時間  $\tau$  より大きい) で発信部 4 が発信する発信信号の周波数  $f$  を周波数  $f_G$  からステップ周波数  $\Delta f$  だけ変化させると、送信器 12B から放出される進行波 D の周波数  $f$  が  $f_G + \Delta f$  に変化するが、進行波 D は一定の速度 (光速) で伝搬するため、進行波 D の波長が変化することになる。従って、送信器 12B と測定対象物 M との間における伝搬媒質中に形成される定在波 S が変化し、検出器 13B が検出する定在波 S の振幅  $SP$  が変化することにより、検出器 13B から信号処理器 14B に送られる検出信号の値が変化する。この検出信号の値は、信号処理器 14B の記録部により発信部 4 から出力される発信信号の周波数と 1 対 1 に対応させて記録される。更に、周波数制御部 5 は、一定間隔で発信部 4 から発信する発信信号の周波数  $f$  をステップ周波数  $\Delta f$  分だけ変化させる。電磁波発生器 11B では、このような処理を図 3 に示されるように周波数  $f_G + f_B$  と一致するまで繰り返す。

#### 【0069】

そして、信号処理器 14B では、演算部により記録部に記録されている出力信号の周波数情報と検出信号の値とから上述した基本式の関数を生成し、演算部ではその関数をフーリエ変換等の処理を行うことで出力信号の周波数情報と検出信号とから成る関数の周期を算出することができ、これにより関係式 3 で示した  $k_1$  を求めることができる。

#### 【0070】

同様に、図 3 に示されるように、周波数  $f$  を  $f_G + f_B$  から  $f_G$  まで変化させることによって関係式 4 で示した  $k_2$  を求めることができる。又、このように求めた  $k_1$ 、 $k_2$  から検出器 13B から測定対象物 M までの距離  $d_1$ 、並びに距離測定装置 10B と測定対象物 M との相対速度  $v$  を求めることができる。

#### 【0071】

ところで、この距離測定装置 10B の場合、検出器 13B から測定対象物 M までの距離  $d_1$  は、出力信号の周波数  $f$  に対する定在波 S の振幅  $SP$  の周期に依存し、送信器 12B によって進行波 D を発信してから測定対象物 M に反射して検出器 13B に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象物 M までの距離  $d_1$  が数 10 cm 以下の近距離であっても精度よく測定することができる。又、測定

対象物Mが複数存在し、距離測定装置10Bと複数の測定対象物Mとの間に複数の定在波Sが形成された場合、検出器13Bで得られる検出信号は複数の定在波Sの振幅SPが合成された値に対応するものとなるが、信号処理器14Bの記録部に記録されている出力信号の周波数情報と検出信号の値とから生成される基本式の関数をフーリエ変換等の処理を行うことにより、各定在波Sの振幅の変動周期をそれぞれ求めることができるため、複数の測定対象物Mと検出器13Bとの間の距離もそれぞれ測定することができる。

#### 【0072】

更に、ステップ周波数 $\Delta f$ の変化について、発信部4が発信する発信信号の周波数 $f$ を初期周波数 $f_G$ から $f_G + f_B$ まで変化させ、その後に $f_G + f_B$ から $f_G$ へ変化させた場合を説明したが、これに代えて $f_G$ から $f_G + f_B$ まで変化させた後、もう一度 $f_G$ から $f_G + f_B$ へ変化させたり、 $f_G + f_B$ から $f_G$ まで変化させた後に $f_G$ から $f_G + f_B$ へ変化させたり、或いは $f_G + f_B$ から $f_G$ まで変化させた後にもう一度 $f_G + f_B$ から $f_G$ まで変化させて測定を行うようにしても良いし、更に $f_G$ から $f_G + f_B$ まで変化させ、その後に $f_G + f_B$ から $f_G$ へと順番（連続）に変化させずにランダムに変化させる方法や、或いは $f_G$ ,  $f_G + f_B$ ,  $f_G + \Delta f$ ,  $f_G + f_B - \Delta f$ ,  $f_G + 2\Delta f$ ,  $f_G + f_B - 2\Delta f$ , . . . ,  $f_G + f_B$ ,  $f_G$ という具合に変化させて測定するようにしても良い。

#### 【0073】

但し、こうした場合、上述した関係式3乃至関係式6で表わされる計算式については、測定条件に合わせたものを適用する必要がある。加えて、信号処理器14Bで出力信号（発信信号）の周波数 $f$ に対する定在波Sの振幅SPの周期を求める代わりに、定在波Sの振幅SPの関数が極大・極小となる出力信号（発信信号）の周波数 $f$ を2以上求めた上、それらの周波数 $f$ に基づいて測定対象物Mと送信器12Bとの間の距離 $x$ を求めるようにしても良い。

#### 【0074】

図5は、本発明の距離測定方法を適用した他の実施の形態に係る距離測定装置10Cの基本構成を示したブロック図である。この距離測定装置10Cの場合、

発光部 6 及び周波数制御部 5 から成る電磁波発生器 11C, 分光器 7 及び反射用ミラー 8 から成る光デバイス (上述した伝播手段を成すもの), 検出器 13C, 及び信号処理器 14C を備えた基本構成となっており、信号処理器 14C により電磁波発生器 11C の発光部 6 から発せられる電磁波としての光の強度を周期的に変化させ、分光器 7 と測定対象物 M との間に形成される定在波 S を利用して測定対象物 M までの距離を測定するようにしたことが特色となっている。

#### 【0075】

尚、ここでの各構成部分については、特許文献 1 で説明されているもの (距離測定装置 10A の場合) と同じであり、検出器 13C によって検出された検出信号に基づいて分光器 7 と測定対象物 M までの距離  $d$  (図 5 中では後文で詳述するように  $d_1 + L$  となる) を算出する方法は、上述した技術的概要、距離測定装置 10B の場合と同様である。

#### 【0076】

距離測定装置 10C の細部について説明すれば、発光部 6 及び周波数制御部 5 から成る電磁波発生器 11C において、発光部 6 には例えばレーザや発光ダイオード等の発光する光強度をその光強度の変化が一定の周波数  $f$  となるように出力できるものを用いれば良く、信号処理器 14C と接続される周波数制御部 5 には発光部 6 による発光の光強度変化の周波数  $f$  を制御できる機能を持つものを用いれば良い。即ち、周波数制御部 5 は、基本機能として発光部 6 からの発光の光強度変化の周波数  $f$  に関する情報 (例えば発光部 6 からの発光の光強度変化の周波数  $f$  の数値) や発光部 6 からの発光の光強度変化の周波数  $f$  と同じ周波数  $f$  を有する信号等を出力可能なものである。

#### 【0077】

電磁波発生器 11C の発光部 6 と測定対象物 M との間に設けられた分光器 7 には、例えばビームスプリッタ等を用いれば良い。この分光器 7 は、電磁波発生器 11C の発光部 6 から発せられる光を二つに分光し、分光された一方の光を測定対象物 M との間に存在する伝搬媒質中に進行波 D として放出する。これによって分光器 7 と測定対象物 M との間には上述した距離測定装置 10A, 10B で説明した場合と同様に定在波 S が形成される。又、分光器 7 は、測定対象物 M で反射

した戻り光（反射波 R としての反射光）を検出器 13C へ向けて反射することができる。

#### 【0078】

分光器 7 の側方に設けられた反射用ミラー 8 は、分光器 7 によって分光された他方の光を再び分光器 7 へ向けて反射する。この反射用ミラー 8 によって反射された光は、分光器 7 を透過して検出器 13C へ向けて進行する。即ち、分光器 7 からは、検出器 13C へ向けて測定対象物 M で反射した戻り光（反射光）と反射用ミラー 8 によって反射された光とが一緒に送られることになる。

#### 【0079】

信号処理器 14C と接続された検出器 13C は、測定対象物 M で反射した戻り光（反射光）と反射用ミラー 8 で反射された光とによる両方の光の強度を加えた光強度変化の振幅又は振幅の 2 乗値を検出するものである。この検出器 13C には、入射された光強度に対応する電気信号が得られる機能を持つデバイスとして、例えば入射された光強度を電圧に変換して出力するフォトディテクターを備えており、このフォトディテクターから出力される電気信号（検出信号）からは光強度変化の振幅 SP（定在波 S の振幅 SP と同質とみなせる）と同じか、或いは光強度変化の振幅 SP の 2 乗に比例した電流や電圧等を出力できるものを用いれば良い。

#### 【0080】

検出器 13C に接続された信号処理器 14C には、例えばデジタルシグナルプロセッサ（DSP）やメモリ等を用いることで入力されたデータを記録する記録部と、この記録部に記録されたデータを演算する演算部とを備えた構成であれば良く、ここでの演算部によって分光器 7 から測定対象物 M までの距離  $d$ （ $d_1 + L$ ）、並びに測定対象物 M との相対速度  $v$  を同時に算出することができる。又、信号処理器 14C は、電磁波発生器 11C の周波数制御部 5 にも接続されており、電磁波発生器 11C の周波数制御部 5 から発光部 6 経由で発光される光の周波数  $f$  に関する情報（以下、単に出力信号の周波数情報とする）を受けてその周波数情報を指示制御可能であると共に、検出器 13C からの検出信号を受信したときに電磁波発生器 11C の周波数制御部 5 へ受信確認信号を送出することができる。

るものである。

#### 【0081】

この距離測定装置 10C によれば、検出器 13C により測定対象物 M で反射した戻り光（反射光）と反射用ミラー 8 によって反射された光とによる両方の光の強度を加えた光強度変化の振幅を検出できるが、この光強度変化の振幅は、分光器 7 の位置における測定対象物 M で反射した戻り光（反射光）と反射用ミラー 8 によって反射された光とによる両方の光の強度を足し合わせた光強度変化の振幅と同じ大きさを有し、その振幅の大きさは、分光器 7 と反射用ミラー 8 との距離が L であるときに分光器 7 から測定対象物 M に向かって距離 L だけ離れた位置における定在波 S の振幅と同じ大きさになる。従って、この距離測定装置 10C の場合、分光器 7 と反射用ミラー 8 との距離 L が既知であれば、分光器 7 から測定対象物 M に向かって距離 L だけ離れた位置と測定対象物 M との間の距離  $d_1$  とが検出できるので、信号処理器 14C の演算部の機能により分光器 7 から測定対象物 M までの距離  $d$  ( $d_1 + L$ )、並びに距離測定装置 10C と測定対象物 M との相対速度  $v$  を同時に算出することができ、この場合においても測定対象物 M 及び距離測定装置 10C の相対速度  $v$  が零でなく、測定対象物 M 及び距離測定装置 10C の何れか一方又は双方が動いている場合でも、特許文献 1 では困難であった測定を適確に行うことができる。

#### 【0082】

即ち、この距離測定装置 10C では、信号処理器 14C、電磁波発生器 11C、及び分光器 7 が協働して上述した距離測定方法での電磁波発生源 A1 に対応する機能を持ち、分光器 7、反射用ミラー 8、検出器 13C、及び信号処理器 14C が協働して上述した距離測定方法での検出点 A2 に対応する機能を持つ。

#### 【0083】

尚、この距離測定装置 10C において、光デバイスである分光器 7 と反射用ミラー 8 とを図 5 に示した構成以外の形態にすることも可能であり、電磁波発生器 11C から測定対象物 M に対して放出した光の強度と測定対象物 M で反射した戻り光（反射光）とを加えた光強度変化の振幅又はその振幅の 2 乗値を検出器 13C で検出可能であれば、例えば光デバイスとして部分反射鏡を用いる等、他の方

式による構成を採用しても良い。又、この距離測定装置 10C において、電磁波発生器 11C の発光部 6 として、赤外線を発光する赤外線発光部とし、光デバイスとして赤外線を進行波 D として放出可能なものとした上、信号処理器 14C 所で光デバイスより放出される進行波 D と測定対象物 M からの反射波 R とが干渉して定在波 S が生成されるように赤外線発光部により発光される赤外線の周波数を可変制御することにより、検出器 13C で光の強度変化の振幅又はその振幅の 2 乗値を算出するようにしても良い。

#### 【0084】

図 6 は、上述した各実施の形態に係る距離測定装置 10B, 10C の何れか一方（或いは双方を混在させても良い）を 2 台配置して成る距離測定設備 1 の基本構成を示したブロック図である。この距離測定設備 1 は、上述した各実施の形態の何れかに係る 2 台の距離測定装置 10-1, 10-2 と、各距離測定装置 10-1, 10-2 にあつての定在波 S の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物 M から検出器までの距離、並びに測定対象物 M との相対速度  $v$  を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御する制御装置 3 と、各距離測定装置 10-1, 10-2 でそれぞれ得られる距離及び各距離測定装置 10-1, 10-2 の検出器同士の相対的な位置から測定対象物 M の空間座標を演算する演算装置 2 とを備えて構成されている。

#### 【0085】

このうち、制御装置 3 は、各距離測定装置 10-1, 10-2 を同期して作動させるものであり、この働きによって各距離測定装置 10-1, 10-2 から電磁波を伝搬媒質中に同時に放出させることができる。又、演算装置 2 は、各距離測定装置 10-1, 10-2 の信号処理器が算出した検出器と測定対象物 M との間の距離  $x$  が入力されるものであり、この入力された各距離測定装置 10-1, 10-2 における検出器と測定対象物 M との間の距離及び各距離測定装置 10-1, 10-2 の検出器同士の相対的な位置から測定対象物 M の空間座標を算出することができる。

#### 【0086】

図 7 は、この距離測定設備 1 による距離測定原理を説明するために各部と測定

対象物との間における幾何学的関係を示した概略図である。

#### 【0087】

ここでは、制御装置 3 によって各距離測定装置 10-1, 10-2 を同期させて同時に電磁波を放出させると、各距離測定装置 10-1, 10-2 と測定対象物 M との間に定在波 S (S 1, S 2) が形成され、各距離測定装置 10-1, 10-2 から測定対象物 M までの距離  $d_1$ ,  $d_2$  及び相対速度  $v$  が算出される。この各距離測定装置 10-1, 10-2 から測定対象物 M までの距離  $d_1$ ,  $d_2$  が演算装置 2 に入力されると、演算装置 2 では図示のように各距離測定装置 10-1, 10-2 同士の距離が  $r$  である場合、両者の中間位置  $r/2$  から測定対象物 M までの距離  $d$  を  $d = \{(d_1)^2/2 + (d_2)^2/2 + r^2/4\}^{1/2}$  なる関係式で算出し、両者の二等分線と中間位置  $r/2$  及び測定対象物 M を結ぶ線分との成す角度  $\theta$  を  $\sin \theta = \{(d_1)^2 - (d_2)^2\} / 2rd$  なる関係式で算出する。

#### 【0088】

従って、各距離測定装置 10-1, 10-2 の中間位置  $r/2$  から測定対象物 M までの距離  $d$  と中間位置  $r/2$  及び測定対象物 M を結ぶ線分との成す角度  $\theta$  を用いれば、各距離測定装置 10-1, 10-2 と測定対象物 M との相対的な位置を把握することができる。尚、距離測定装置を三台以上設ける構成とすれば、各距離測定装置と測定対象物 M との相対的な位置関係を三次元的に把握することができる。

#### 【0089】

ここでの距離測定設備 1 は、例えば移動体の一例として自動車のヘッドライト部やバックライト (テールライト) 等に各距離測定装置 10-1, 10-2 を設ければ、相対的な距離測定を行う用途で好適であることを示している。こうした場合、発光部として赤外線を発光する赤外線発光部を用い、信号処理器で赤外線の周波数を可変制御する構成とできることは言うまでもない。

#### 【0090】

#### 【発明の効果】

以上に述べた通り、本発明の距離測定方法によれば、距離測定系での定在波を

利用した距離測定に際して測定対象物との相対速度を考慮し、定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算した結果に基づいて測定対象物から検出点までの距離、並びに測定対象物との相対速度を同時に演算するようにしているので、測定対象物及び距離測定系の相対速度が零であってもなくても、電磁波発生源により発生した電磁波が測定対象物で反射して検出点に戻るまでの時間の影響を受けずに測定対象物までの距離並びに相対速度の双方を同時に適確に測定し得るようになり、結果として従来では困難であった近距離（検出点から測定対象物までの距離が数10センチ以下であるような近距離）でも精度良く距離を測定でき、しかも複数の測定対象物を測定対象としても検出点との間の距離を適確に測定できるようになる。又、本発明の距離測定方法を適用した距離測定装置の場合、移動体に装着すれば、移動体の運転支援等に利用することが有効となる他、その基本的機能により全方位を対象とする測定対象物との距離や相対速度を求めることができるので、それを応用したシステムへの利用も可能となる。更に、この距離測定装置を適用した距離測定設備の場合も、複数の距離測定装置を移動体に設け、制御装置で測定対象物から検出器までの距離、並びに測定対象物との相対速度を同時に演算する処理をそれぞれ同期させるように作動制御した上、演算装置で各距離測定装置で得られる距離及び各距離測定装置の検出器同士の相対的な位置とから測定対象物の空間座標を演算すれば、一層適確に測定対象物の距離測定を行うことができるようになり、例えば人工衛星や飛行船等への搭載が有効である等、適用分野が広範囲になる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の距離測定方法の元になる技術的背景に係る距離測定系から測定対象物までの距離測定に際して、電磁波発生源から測定対象物までの距離で定在波を形成するための原理を説明するための概略図であり、(a)は電磁波による進行波の放出と進行波に係る測定対象物からの反射波との関係に関するもの、(b)は進行波及び反射波の干渉により発生する定在波に関するものである。

##### 【図2】

図1で説明した距離測定方法を適用した距離測定装置の基本構成の一例を示し



たブロック図である。

【図 3】

電磁波発生源から発生する電磁波による進行波と測定対象物からの反射波の時間に対する周波数の変化、並びに反射波が戻ってくるまでの遅延時間と定在波の振幅を検知し、検知した振幅に対応する信号の測定時間とのタイミングを時間に対する周波数の関係で示したものである。

【図 4】

本発明の距離測定方法を適用した一つの実施の形態に係る距離測定装置の基本構成を示したブロック図である。

【図 5】

本発明の距離測定方法を適用した他の実施の形態に係る距離測定装置の基本構成を示したブロック図である。

【図 6】

図 4 又は図 5 に示す距離測定装置を 2 台配置して成る距離測定設備の基本構成を示したブロック図である。

【図 7】

図 6 に示す距離測定設備による距離測定原理を説明するために各部と測定対象物との間における幾何学的関係を示した概略図である。

【符号の説明】

- 1 距離測定設備
- 2 演算装置
- 3 制御装置
- 4 発信部
- 5 周波数制御部
- 6 発光部
- 7 分光器
- 8 反射用ミラー
- 10A, 10B, 10C, 10-1～10-2 距離測定装置
- 11A, 11B, 11C 電磁波発生器

1 2 A, 1 2 B 送信器

1 3 A, 1 3 B, 1 3 C 検出器

1 4 A, 1 4 B, 1 4 C 信号処理器

A 1 電磁波発生源

A 2 検出点

D 進行波

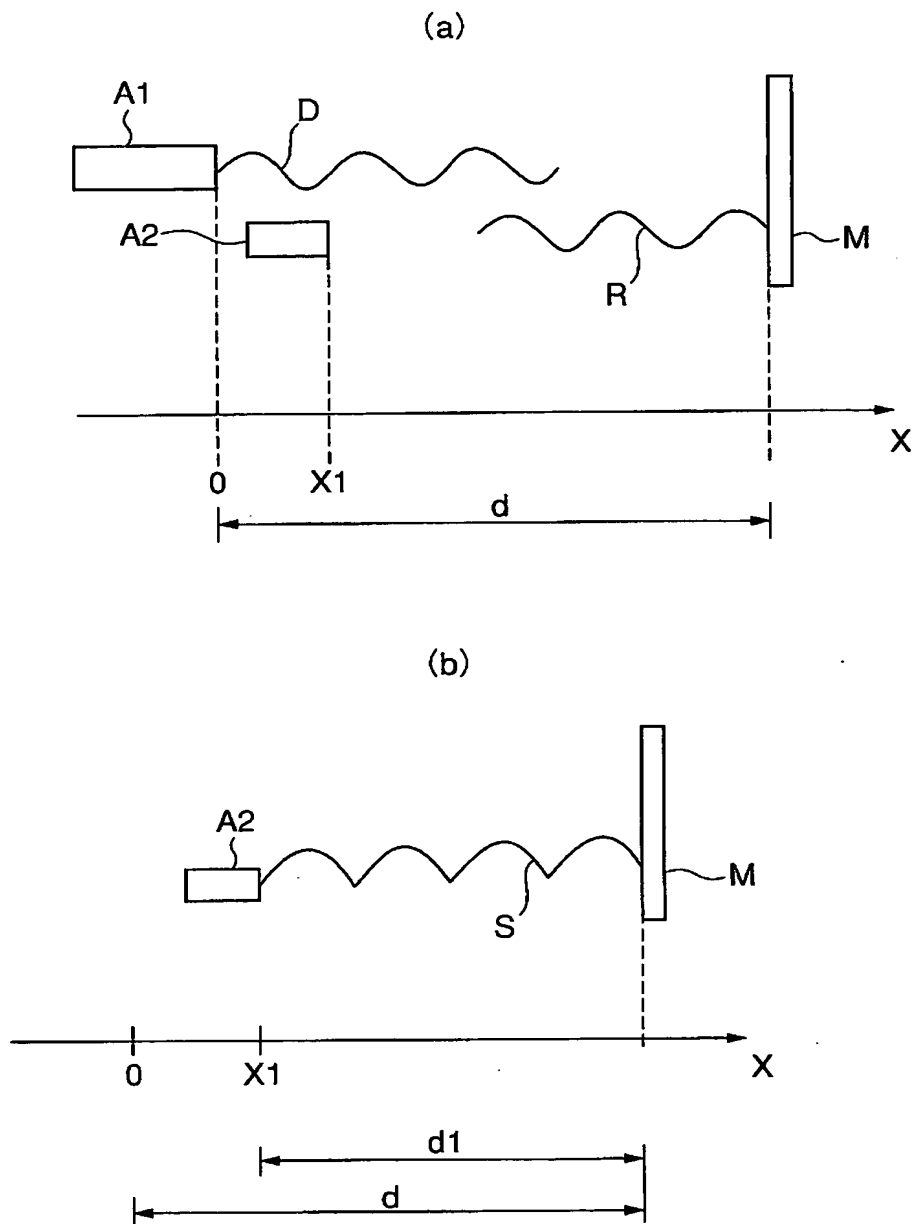
M 測定対象物

R 反射波

S 定在波

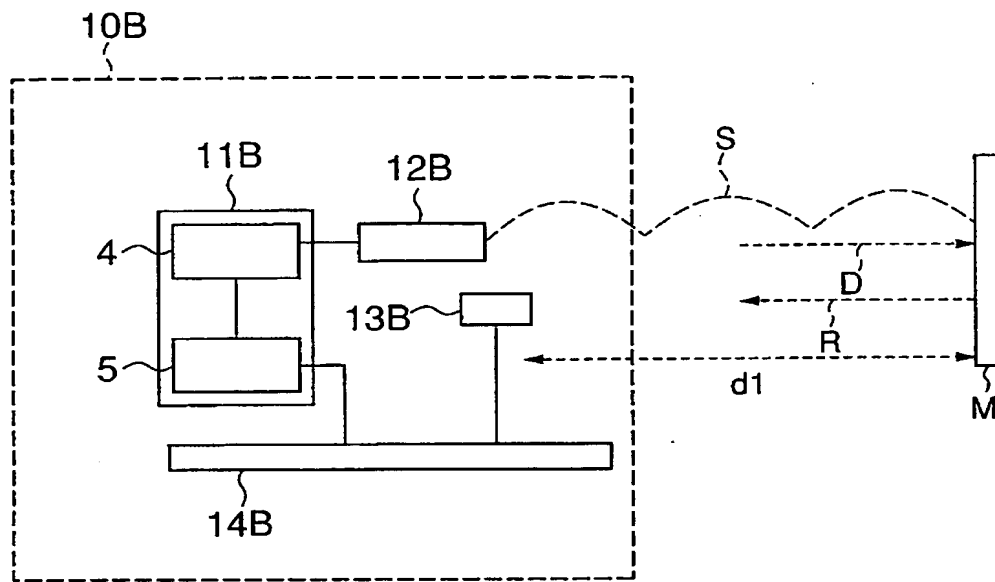
【書類名】 図面

【図 1】

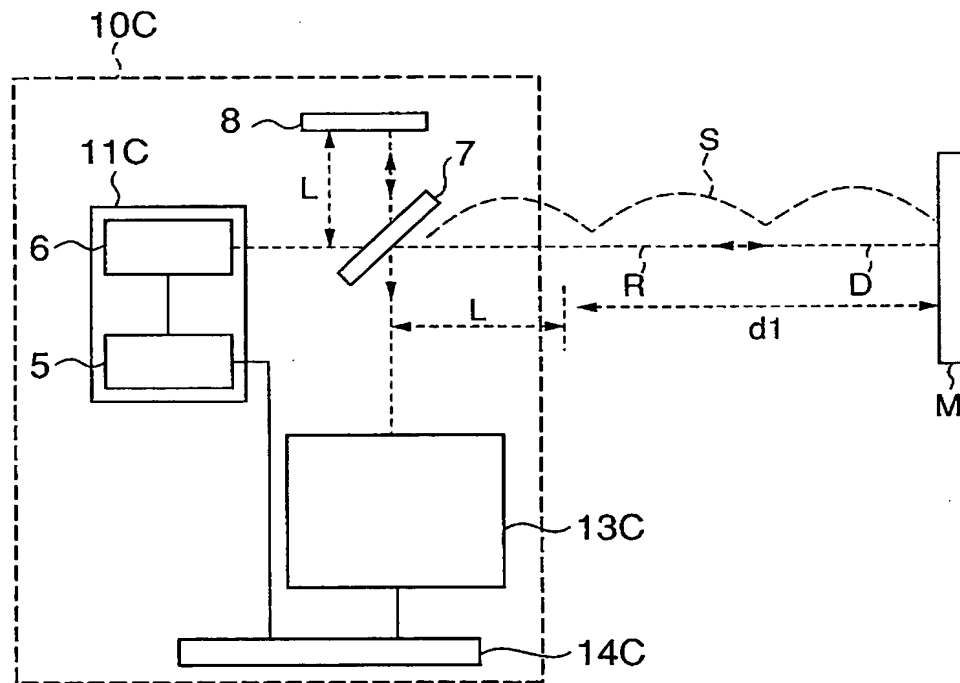




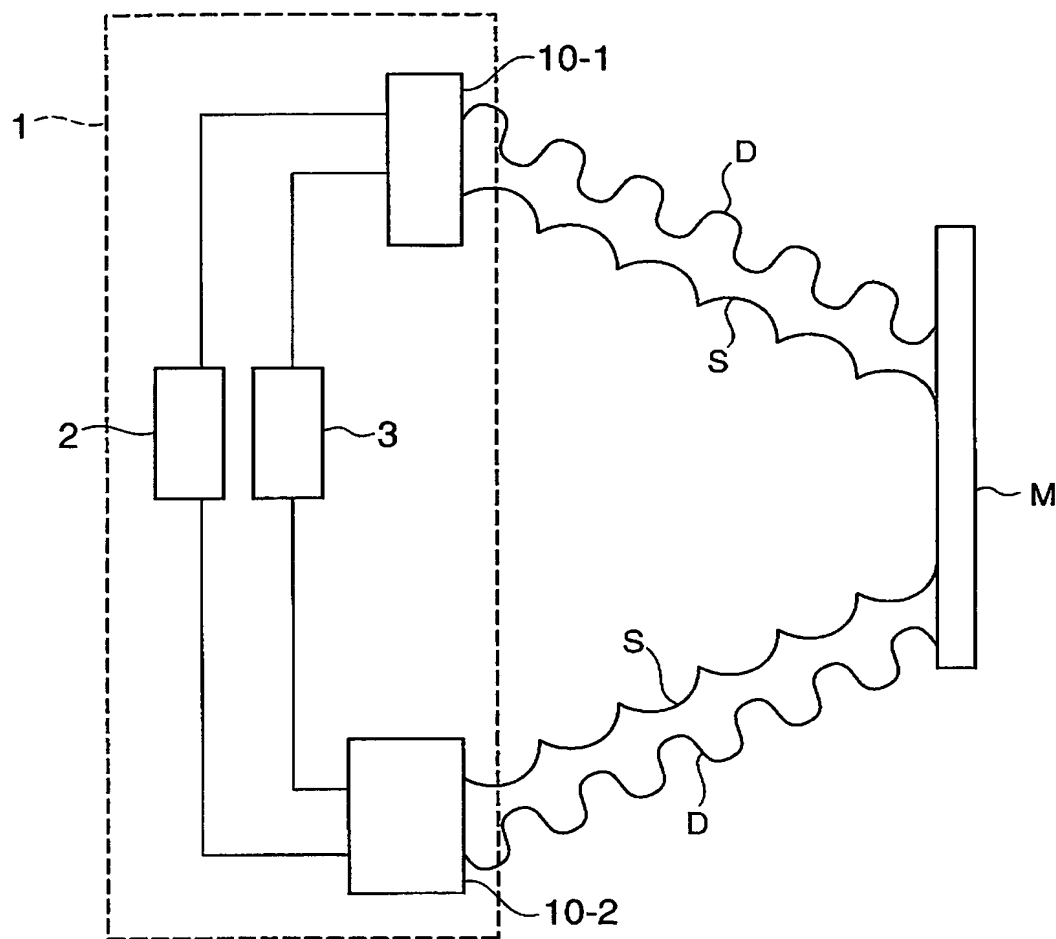
【図 4】



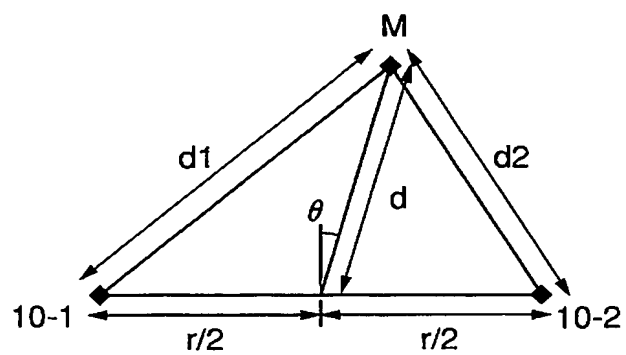
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 測定対象物及び距離測定系の相対速度が零であってもなくても、測定対象物までの距離、相対速度を同時に適確に測定し得る距離測定装置を提供すること。

【解決手段】 この距離測定装置 10 B の場合、発信部 4 及び周波数制御部 5 から成る電磁波発生器 11 B、送信器 12 B、信号処理器 14 B、及び検出器 13 B を備えた周知な構成であるが、ここでの信号処理器 14 B は、電磁波発生器 11 B の発信部 4 により発信される発信信号の周波数  $f$  を周波数制御部 5 へ制御指示して可変制御すると共に、定在波  $S$  の振幅  $SP$  を検知し、検知した振幅に対応する信号を演算し、その演算結果に基づいて測定対象物  $M$  から検出器 13 B までの距離（間隔） $d$  と距離測定装置 10 B と測定対象物  $M$  とにおける相対速度  $v$  とを同時に演算する。

【選択図】 図 4

特願 2 0 0 3 - 1 1 5 9 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 1 9 7 3 6 6 ]

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 2 0 0 1 年 1 1 月 9 日 |
| [変更理由]   | 名称変更                |
| 住 所      | 静岡県掛川市下俣 8 0 0 番地   |
| 氏 名      | エヌイーシーアクセステクニカ株式会社  |
|          |                     |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 3 年 8 月 2 9 日 |
| [変更理由]   | 名称変更                |
| 住 所      | 静岡県掛川市下俣 8 0 0 番地   |
| 氏 名      | N E C アクセステクニカ株式会社  |



特願 2 0 0 3 - 1 1 5 9 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 9 1 1 2 9 9 8 8 ]

1. 変更年月日	1 9 9 1 年 5 月 1 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	徳島県徳島市南沖洲 1 丁目 1 0 番 1 7 号
氏 名	入谷 忠光

特願 2 0 0 3 - 1 1 5 9 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 0 1 1 4 1 6 1 1 ]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 3 月 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	和歌山県那賀郡岩出町中迫 1 0 番地の 6
氏 名	上保 徹志